

## METHOD AND APPARATUS FOR ANALYZING ABNORMALITY OF PLANT

Publication number: JP6123642

Publication date: 1994-05-06

Inventor: SHIMIZU SHUNICHI; MIURA KIYOHIDE; OTAKE  
TOMOHIRO; ABE AKIRA

Applicant: TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

Classification:

- international: G01D21/00; G05B23/02; G05B23/02; G01D21/00;  
G05B23/02; G05B23/02; (IPC1-7): G05B23/02;  
G01D21/00

- European:

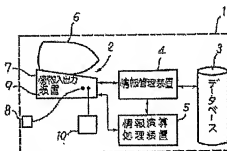
Application number: JP19920274493 19921013

Priority number(s): JP19920274493 19921013

Report a data error here

Abstract of JP6123642

**PURPOSE:** To provide a method and an apparatus for diagnosing the abnormality of a plant to investigate the fundamental cause of at least one failure generated in the plant system with the use of a failure mechanism model. **CONSTITUTION:** A plant abnormality diagnosing apparatus 1 is constituted of a data input/output device 2 which inputs/outputs data necessary for the plant abnormality diagnosing method and manipulation data by a user including the diagnosing result of abnormality, a database 3 for recording the data, if necessary, a data managing device 4 for managing data including registration, deletion and retrieval of data to the database 3, and a data operating/processing device 5 for executing the plant abnormality diagnosing method.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

特開平6-123642

(43) 公開日 平成6年(1994)5月6日

(51) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別符号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 D 21/00		Q 7809-2F		
// G 0 5 B 23/02	3 0 1 X	7208-3H		

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平4-274493

(22) 出願日 平成4年(1992)10月13日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 清水 俊一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 三浦 清 秀

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 大 嶽 友 宏

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 一組 (外3名)

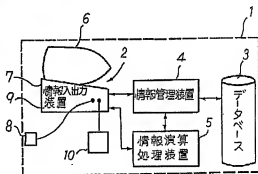
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラント異常診断方法及びプラント異常診断装置

(57) 【要約】

【目的】 故障メカニズム・モデルを用いてプラント系統内に発生した少なくとも一つの故障現象の根本的な原因を究明するプラント異常診断方法およびプラント異常診断装置を提供する。

【構成】 プラント異常診断方法に必要な情報と、ユーザによる操作情報と、異常診断結果とを含む入出力を行う情報入出力装置2と、情報を必要に応じて記録するデータベース3と、データベース3への登録、削除、検索を含む情報管理を行う情報管理装置4と、プラント異常診断方法を実施する情報演算処理装置5とによってプラント異常診断装置1を構成した。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】プラントの系統を構成する各種構成機器の故障モードを2次元に配置して作成された故障モード干渉行列の各要素に、前記故障モード間の有向的な影響伝達とその程度を示す数値を代入し、行列計算を用いて、前記構成機器の故障原因となる複数の故障モードから故障現象として現れる複数の故障モードに至る階層的な影響伝達経路を示す故障メカニズム・モデルを構築するとともに、前記故障メカニズム・モデルを有向グラフを用いて階層化ブロック図に図式化することを特徴とするプラント異常診断方法。

【請求項2】解析された前記故障メカニズム・モデルを用いて、故障現象となる故障モードを入力あるいは設定することにより、その故障現象の故障原因となる故障モードの関連度順位と、故障原因の確信度と、故障モードが故障現象として出現する時間的推移とを解析し、発生した故障現象の原因究明や保全対策の支援情報を提供することを特徴とするプラント異常診断方法。

【請求項3】前記プラント異常診断方法に必要な情報と、ユーザーによる操作情報と、異常診断結果とを含む入出力を行う情報入出力装置と、前記情報を必要に応じて記録するデータベースと、前記データベースへの登録、削除、検索を含む情報管理を行う情報管理装置と、前記プラント異常診断方法を実施する情報演算処理装置とからなることを特徴とするプラント異常診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は大規模なプラントシステムを構成する各種構成機器の異常診断方法および異常診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来プラントの異常診断および保守を行う技術として、特定機器について故障メカニズム・モデルを用いて劣化診断を行う技術や、F.T.A. (故障樹解析) によって劣化や故障の最終伝達モードの信頼性を評価する技術や、因果マトリックスによって故障現象の原因候補を推定する技術があった。

【0003】上記故障メカニズム・モデルを用いてプラントの特定の機器の劣化診断や適正な点検・保守計画の策定を行う技術は、本願出願人の先の出願 (特開平4-285117) において提案されている。この技術によれば、特定の機器の劣化・故障メカニズムをモデル化することにより、機器全体の経年信頼性の変化を予測することができる。この機器の経年信頼性の予測によって、機器と部品の点検やその取替に依存していた機器の信頼性の変化を把握でき、機器の劣化診断や適正な点検・保守計画の策定に多大な効果を発揮することができる。

【0004】また、上記F.T.A.による信頼性の評価技術は、各種の機器から構成されたシステム全体の故障メカニズムを故障樹木解析およびその類似方法によってモデル化

2

し、故障モードに相当する各ブロックに故障率や不信頼度関数を与えるものである。この方法により、F.T.A.による信頼性の評価技術は、プール数などによって構成機器の各ブロックのトップ事象 (劣化や故障の最終伝達モード) のトータルな信頼性を評価することができる。

【0005】また、上記因果マトリックスによるモデル化技術は、特定機器の故障現象モードと原因モードとをあらかじめ分類し、両者により作成される因果マトリックスの要素にその関連性の程度を数値等として与えるものである。この方法によれば、観測された故障現象モードと上記モデルとを用いて原因候補を推定することができ、各種の異常診断装置に適用されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来のプラント異常診断技術はあるものの、故障現象の発生は確率的な問題を含んでおり、また、単一の故障モードによって故障現象が発生するのみでなく、複数の故障モードが影響しあって種々の故障現象が出現するという複雑なメカニズムを有している。このため、異常の原因究明には極めて精度の高い故障メカニズムのモデル化や、故障モード間の影響を考慮する必要がある。

【0007】上記故障メカニズム・モデルを用いてプラントの特定機器の劣化診断等を行う異常診断方法は、特定の機器の異常原因究明には有効である。たとえば、ポンプのような回転体機器の場合、軸受の摩耗が進行すると、シャフトの偏心などによる振動が増大し、次にこれによってインペラとケーシングの接触・かじりが発生し、その結果、ケーシングあるいはインペラの割れ・亀裂・折損等の事象が発生・進行する。上記故障メカニズム・モデルの方法によれば、上記ケーシングやインペラの割れ・亀裂・折損の事象に対して精度良くモデル化でき、異常の原因を精度良く同定することができた。また、対象が配管であれば、たとえばフランジのボルトが緩み、これによって配管が振動し、この結果、シールリングの摩耗・割れが発生するような場合、上記故障メカニズム・モデルの方法によれば、シールリングの摩耗・割れなどの複合効果、すなわち、劣化・故障モードの影響伝達 (干渉効果) を精度良くモデル化でき、異常の原因を精度良く同定することができた。しかしながら、プラントの系統における異常現象は、上述したように特定の機器における単一の故障モードに起因するとは限らない。例えば配管のサポートの取り付け方が十分でないために配管が振動し、配管の振動によって配管上に設置された弁の構成部品が欠損し、構成部品の破片が下流側のポンプに流入し、この結果ポンプ軸受のシール部分に傷が発生し、流体が漏洩することがある。この例では、上記故障メカニズム・モデルの方法によってポンプの漏洩という現象から、軸受シール部分の傷を原因事象として評価することができても、根本的な原因、すなわち、配管のサポート不良の原因事象を同定することができな

い。

【0008】これに対してFTAによる方法は、系統・機器全体の故障メカニズムをモデル化することができ、故障樹木モデルを用いて上述の事例を解析することができる。しかしながら、FTAによる方法は、予め定めた1つのトップ事象をもとに影響伝達を展開する方法であるので、作成された干渉効果のモデルは、系統・機器の部分的故障モードのみを表現している場合がある。この場合、漏れなく系統・機器全体の故障モデルを完成するためには、トップ事象をいくつも設定して故障モデルを作成しなくてはならない欠点を有している。

【0009】また、因果マトリックスによる方法は、予め特定機器の故障現象と故障原因とを分類する必要があるが、一般に機器の故障メカニズムは非常に複雑であり、故障モードを単純に現象と原因に分類することが困難なため、モデルを構築したとしても精度が不足する問題があった。

【0010】このように現状の技術では、プラントの系統およびその構成機器に発生した異常現象の根本原因を究明する診断方法および診断装置が提案されておらず、プラント系統・機器に発生した異常現象の原因究明は専ら専門技術者の経験と勘に依存していた。

【0011】そこで本発明の目的は、上記特定機器についての故障メカニズム・モデルによる異常診断方法をプラントの系統および構成機器群のレベルに拡張し、この故障メカニズム・モデルを用いてプラント系統内に発生した少なくとも一つの故障現象の根本的な原因を究明するプラント異常診断方法およびプラント異常診断装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によるプラント異常診断方法は、プラントの系統を構成する各種構成機器の故障モードを2次元に配置して作成された故障モード干渉行列の各要素に、前記故障モード間の有向的な影響伝達とその程度を示す数値を代入し、行列計算を用いて、前記構成機器の故障原因となる複数の故障モードから故障現象として現れる複数の故障モードに至る階層的な影響伝達経路を示す故障メカニズム・モデルを構築するとともに、前記故障メカニズム・モデルを有向グラフを用いて階層化ブロック図に図式化することとを特徴とするものである。

【0013】また、本発明によるプラント異常診断方法は、前記故障メカニズム・モデルを用いて、故障現象となる故障モードを入力あるいは設定することにより、その故障現象の故障原因となる故障モードの関連度の順位と、故障原因の確信度と、故障モードが故障現象として出現する時間的推移とを解析し、発生した故障現象の原因究明や保全対策の支援情報を提供することとを特徴とするものである。

【0014】また、本発明によるプラント異常診断装置

は、前記プラント異常診断方法に必要な情報と、ユーザ一による操作情報と、異常診断結果とを含む入出力を行う情報入出力装置と、前記情報を必要に応じて記録するデータベースと、前記データベースの登録、削除、検索を含む情報管理を行う情報管理装置と、前記プラント異常診断方法を実施する情報演算処理装置とからなることを特徴とするものである。

【0015】

【作用】本発明によるプラント異常診断方法は、プラント系統を構成する構成機器の故障モードを2次元に配列して故障モード干渉行列を作成し、この故障モード干渉行列の各要素に対して故障モード間の有向的な影響伝達とその程度を示す数値を代入する。次に、行列計算によって故障モード干渉行列を、各故障モード間の直接・間接的な伝達影響を要素に含む可到達行列に変換する。さらに可到達行列を、影響を受けるのみの故障モード(要素)順に階層化し、階層化された可到達行列を有向グラフによって階層化ブロック図に図式化し、視覚的に認識できる故障メカニズム・モデルを得る。

【0016】この故障メカニズム・モデルはプラント系統を構成する各種構成機器の故障モード間の直接および間接の影響伝達経路とその程度を要素に含むので、プラント系統で発生する特定機器の故障現象に対して、故障原因となる他の構成機器の故障モードを推定でき、かつ、階層化ブロック図によって故障原因およびその関連度を視覚的に認識することができる。

【0017】さらに、上記故障干渉行列は、複数の故障現象に対する複数の故障原因を設定でき、複数の故障現象を設定した場合、これら故障現象に共通の故障原因となる故障モードが加重され、これにより、プラント異常の根本的な故障原因を精度よく特定することができる。

【0018】上記プラント異常診断方法を実施するために、本発明のプラント異常診断装置は、診断に必要な情報とユーザ一による操作情報と診断結果等を入出力する入出力装置と、情報を記録するデータベースと、データベースのデータを管理する情報管理装置と、異常診断方法を実施する情報演算処理装置とを有しているので、ユーザ一は故障干渉行列の要素の数値をデータベースより容易に設定し、必要な修正を行って故障メカニズム・モデルを構築し、診断結果を階層化ブロック図によって視覚化して故障原因を容易に推定し、さらに必要に応じて診断結果をデータベースに登録することができる。

【0019】また、本発明によるプラント異常診断装置は、ユーザ一の操作情報を入力する入出力装置を有しているので、ユーザ一は、この入出力装置を介して診断結果を解析し、故障原因となる故障モードの関連度順位と、故障原因の確信度と、故障モードが故障現象として出現する時間的推移等のプラント保全対策に有用な支援情報を必要に応じて入手することができる。

【0020】

5

【実施例】以下に本発明によるプラント異常診断方法及びプラント異常診断装置の一実施例について説明する。図1は本発明のプラント異常診断方法を実施するプラント異常診断装置の構成例を示している。プラント異常診断装置1は、本発明の異常診断方法の膨大な情報処理量に処対するためにコンピュータからなり、このコンピュータはプラント異常診断方法に必要な情報と、ユーザによる操作情報と、異常診断結果とを入出力する情報入出力装置2と、必要に応じて情報を記録するデータベース3と、データベース3への情報の登録、削除、検索を行う情報管理装置4と、本発明のプラント異常診断方法を実行する情報演算処理装置5とによって構成されている。情報入出力装置2で入出力される情報としては、機器情報、部品情報、FMEA(故障モード影響解析)情報、故障モード干渉行列の要素データ、診断条件、診断結果等がある。これら情報は、必要に応じてデータベース3に記録されている。情報入出力装置2はこれら情報を扱うために、カラー・グラフィック・モニター装置6、キーボード装置7、マウス装置8、フロッピー・ディスク・ドライブ装置9、漢字・グラフィックプリンター装置10等を有している。

【0021】次に本発明のプラント異常診断方法の処理の流れについて説明する。図2はプラント異常診断方法の処理の流れを示している。ステップ100は、プラント異常診断を行うプラント系統や機器群に対して故障メカニズム・モデルの作成を開始する段階を示している。ステップ110において、データベース3より必要な情報(故障モード干渉行列の要素等の数値)を検索して設定する。次にステップ120において、ステップ110で得た情報が診断に使用する情報として適切かどうかの検討を行う。情報が適切でない場合は、ステップ130において必要な情報をデータベース3に登録して、上記処理を繰り返す。

【0022】ステップ110で得た情報が適切な場合、次のステップ140において、故障モード干渉行列を設定する。次にステップ150において、故障モード干渉行列の要素が適切かどうかを検討する。故障モード干渉行列の要素が適切でない場合は、ステップ160において、ユーザによって故障モード干渉行列の要素が修正される。故障モード干渉行列の要素が適切な場合、ステップ170において、情報演算処理装置5によって行列計算が実行され、故障メカニズム・モデルが作成される。次にステップ180において、ユーザに故障メカニズム・モデルのグラフ化の必要の有無を確認し、グラフ化する場合はステップ190で有向グラフを作成して表示する。次にステップ200において、故障メカニズム・モデルの登録の必要の有無を確認し、登録する場合は、ステップ210で情報管理装置4を介してデータベース3に登録する。故障メカニズム・モデルが不適切であり、登録する必要がない場合は、ステップ160で故

6

障モード干渉行列の要素を修正し、上記処理を繰り返す。

【0023】このように故障メカニズム・モデルを構築できたなら、ステップ210以下のプラント系統・機器群の異常の根本原因究明の処理を行う。ステップ220において、作成した故障メカニズム・モデルにプラントの異常モードを入力、設定する。この異常モードに対してステップ230において、異常モードに関連する経路と関連する故障モードを探索して抽出する。次にステップ240において、故障原因となる故障モードの関連度の順位と確信度を算定する。この場合、診断条件は変更可能である。次にステップ250において、故障原因の故障モードをリスト化する必要の有無を確認し、リスト化する場合にステップ260において、故障原因候補リストや詳細観測事象の優先度を表示する。次にステップ270において、観測を継続するか否かを確認し、観測を終了する場合はステップ280において診断結果をデータベース3に登録し、次のステップ290で異常診断を終了するか否かを確認する。観測を終了しない場合は、ステップ300とステップ310において、原因候補リスト上の機器についての情報と、パトロール、監視装置ロボット等による機器の情報を収集し、ステップ220からの処理を繰り返す。ステップ290で診断を終了する確認を得られた場合は、診断の終了処理を行い(ステップ320)、否の場合はステップ330において、診断対象、データベース3からの情報、故障モード干渉行列の要素、計算条件等を変更し、ステップ100あるいはステップ210からの処理を繰り返す。

【0024】次に具体的なプラント系統に、本発明のプラント異常診断方法を適用した場合の例を図3乃至図5によって説明する。図3は電動弁11と、配管12と、ポンプ13を有する簡単なプラント系統とその故障原因の伝達の一例を示している。図3において、電動弁11は故障の根本原因となる機器であり、配管12は故障原因を干渉伝達する機器であり、ポンプ13は故障事象が観測される機器である。図3に示す故障原因伝達の例では、電動弁11にシールリークという故障モードが生じた場合、この影響によって配管12に熱変形が生じ、さらに配管12の熱変形によって配管12のサポート不良とポンプ13の軸シール部の漏洩が生じる。また、配管12のサポート不良は電動弁11のシールリークに影響し、上記の影響の干渉伝達を繰り返す。

【0025】本発明のプラント異常診断方法によって図3に示すプラント系統の故障現象の原因を解析する場合には、最初に情報入出力装置2によって診断対象となる系統の名称や構成機器などの情報をデータベース3より検索して設定し、続いて故障メカニズム・モデルを作成するための情報、例えばFMEA情報、故障モード干渉行列などをデータベース3より検索して設定する。データベース3より検索、設定された情報が適切でない場合

は、ユーザーによって情報入力装置2を介してデータを入力または修正することができる。

【0026】上記操作によって、例えば図4に示す故障モード干渉行列が情報入力装置2のカラ・グラフィック・モニター装置6上に設定表示される。図4の故障モード干渉行列の行は故障原因となる故障モードを示し、列は故障現象の故障モードを示している。故障モード干渉行列の各要素は故障伝達の程度（以下故障伝達度という）を示している。

【0027】図4の故障モード干渉行列の各要素の値は、図3のプラントシステムの故障伝達の故障モード間の故障伝達度を例示したものである。具体的には、ID. NO. 01-01-002の電動弁シートリークは、ID. NO. 01-01-001の電動弁作動不良（故障伝達度0.8）と、ID. NO. 01-02-003の配管変形（故障伝達度0.7）に影響伝達する。また、ID. NO. 01-02-003の配管変形は、ID. NO. 01-02-005の配管サポート不良（故障伝達度0.8）と、ID. NO. 01-03-006のポンプ漏洩（故障伝達度0.7）に影響伝達する。また、ID. NO. 01-02-005の配管サポート不良は、ID. NO. 01-01-002の電動弁シートリーク（故障伝達度0.7）と、ID. NO. 01-02-003の配管変形（故障伝達度0.8）に影響伝達する。

【0028】上記故障モード干渉行列の要素の値は、既にデータベースにデータがある場合は自動的に検索・表示される。この場合は、修正・追加のみを行うことで故障モード干渉行列を得ることができる。また検索・表示された故障モード干渉行列のデータが不適切あるいはデータが存在しない場合は、ユーザーが自由に入力・修正を行う。

【0029】故障モード干渉行列の要素に入力・設定する数値（故障伝達度）は、適用する行列計算によって値が異なる。故障モード干渉行列の要素の数値を設定する4つの方法について以下に概略説明する。

#### 【0030】

(1) 0または1のいずれかの値を入力する方法  
この場合の行列計算はISM (Interpretive Structural Model) 法を適用する（「参加型システムズ・アプローチ」；橋本義一・河村和彦編；日刊工業新聞社発行参照）。ここで、要素0は故障モード間に影響伝達のないことを示し、要素1は故障モード間に影響伝達があることを示している。

#### 【0031】

(2) 0から1の間のいずれかの値を入力する方法  
この場合の行列計算はFSM (Fuzzy Structural Modeling) 法を適用する（「あいまい理論による社会システムの構造化」；田崎栄一郎著；別冊「数理論科学 ファジィ理論への道」；サイエン

ス社発行参照）。ここで、要素の数値の大きさは、影響伝達の程度に対応するものであり、1に近い数値は影響伝達が大いことを示すものである。図4の例はこの方法によるものである。

【0032】(3) 集団アンケートによって影響伝達の程度を設定する方法

この場合、対象のプラント系統や機器群の設計や保守の専門技術者により、2つの故障モードの間に影響伝達が有無について0か1かのアンケートを行う。次にこのアンケート結果の平均値を算定して、上記(2)のFSM法を適用することができる。あるいは、上述したアンケート結果の平均値をさらに4倍5入して0か1に変換し、上記(1)のISM法を適用することができる。

#### 【0033】

(4) 確信度付きの影響伝達の程度を設定する方法

この方法によれば、上記(1)ないし(3)のいずれかの方法で得られた要素数値に加えて、その確信度を併せて入力、設定する。例えば、故障伝達度[0.8]に対して、確信度0.3を加えて、故障伝達度[0.8, 0.3]を設定する。この場合、故障モード間の影響伝達は比較的大きい（0.8に相当する部分）が、実際にその影響が発生し、伝達する可能性は比較的低い（0.3に相当する部分）ということを意味している。

【0034】次に図3および図4の例について、上記(1)のISM法による行列計算の適用について説明する。

この行列計算では、図4の要素の値をそれぞれ4倍5入して0か1のいずれかの値に変換する。図4に示す故障モード干渉行列は、2つの故障モード間の直接的な関係のみを示している。すなわち、電動弁11と配管12、および配管12とポンプ13の直接的な関係を示しているが、電動弁11とポンプ13の間接的な関係を示していない。ISM法においては、このような間接的な関係のみを含む故障モード干渉行列は隣接行列と呼ばれる。この隣接行列をA、単位行列をIとすると、ブール代数演算のもとで、

$$(A+I)^{r+1} \neq (A+I)^r \Rightarrow (A+I)^{r+1} = T$$

（可到達行列）

によって可到達行列Tを求めることができる。この可到達行列Tは、隣接行列Aのすべての直接的な関係を含むとともに、間接的な関係をも同時に含む。

【0035】この可到達行列Tから各要素（故障モード）の階層構造を設定することにより、故障メカニズム・モデルの階層構造（中間モデル）を得ることができる。さらに、可到達行列Tの隣接行列（骨格行列）を計算することにより、影響伝達経路を簡略化して故障メカニズム・モデルを構築することができる。この影響伝達経路簡略化の処理は、故障モードAが故障モードBを介して故障モードCに影響伝達する経路と、故障モードAが直接故障モードCに影響伝達する経路が同時に存在する場合に、後者の影響伝達経路を省略する処理に相当す

る。ただし、この処理は、実際の物理現象に推移性がある場合でも影響伝達経路が省略されてしまうので、本実施例のプラント異常診断方法および診断装置では、当初の故障モード干渉行列に存在している影響伝達経路を復活させる操作を可能としている。この操作により、得られた故障メカニズム・モデルが現実の物理現象を適切に反映することができる。

【0036】上述したような各処理段階における故障モード干渉行列や故障メカニズム・モデルは、有向グラフによって視覚的に表される。ここで、有向グラフは、ブロックと矢線とによって、カラー・グラフィック・モニター装置6上に故障モード干渉行列や故障メカニズム・モデルを表したものである。本実施例のプラント異常診断方法および診断装置は、故障モード干渉行列と、故障メカニズム・モデルの階層構造（中間モデル）と、故障メカニズム・モデルの3種類の有向グラフを作成できるように構成されている。図5は、図4に示す故障モード干渉行列から求められた故障メカニズム・モデルの有向グラフを示している。図5は、各構成機器（電動弁11、配管12、ポンプ13）の故障モードの影響伝達の方向と影響伝達方向が理解容易に示している。

【0037】本実施例によるプラント異常診断方法および診断装置では、図4に示した故障モード干渉行列から図5の故障メカニズム・モデルが図2に示すユーザーの操作を経て自動的に作成される。また、構築された故障メカニズム・モデルは、必要に応じてデータベース3に登録および保存される。

【0038】次に上記故障メカニズム・モデルを用いた故障原因の究明方法について以下に説明する。本実施例によるプラント異常診断方法と診断装置では、現場保守員等によるパトロールや点検ロボットにより例えば「ポンプの軸シール部からの洩れ」が観測された場合、カラー・グラフィック・モニター装置6上に表示された図6の故障メカニズム・モデル上の「ポンプ漏洩」を示すブロックをマウス装置8等を用いて指示する。この操作により、ブロックの表示が白黒反転表示し、あるいは着色される。また、この操作を複数回行うことにより、複数の故障観測事象（故障モード）を設定することが可能である。

【0039】このように設定された故障現象に対して、情報演算処理装置5により、関連度の高い故障原因の故障モードがリスト化され、カラー・グラフィック・モニター装置6や漢字・グラフィックプリンター装置10に出力される。この故障モードのリストは故障モード干渉行列の各要素に入力される数値に応じて3種類の出力形式を有する。以下にこの3種類の出力形式についてそれぞれ説明する。

【0040】図6は、0または1の要素からなる故障モード干渉行列に対する故障メカニズム・モデル（図6（a））と故障原因リスト（図（b））を示している。

図6（a）において、ブロックA乃至ブロックJは故障モードを示し、上方に故障現象、下方に故障原因を示している。故障モード間に影響伝達がある場合は故障モード干渉行列の要素は1であり、図6（a）の故障メカニズム・モデルのブロック間は線によって結ばれている。一方、故障モード間に影響伝達がない場合は故障モード干渉行列の要素は0であり、図6（a）の故障メカニズム・モデルのブロック間は線によって結ばれていない。この故障メカニズム・モデルでは、各ブロック間の影響伝達の程度は考慮されない。この図6（a）に示す故障メカニズム・モデルにおいて、故障モードDが観測された場合、故障現象となる故障モードA、Bと、故障原因となる故障モードF、G、I、Jは図6（b）に示すように並列的に列挙される。

【0041】図7は、0から1の間のいずれかの値を有する要素からなる故障モード干渉行列に対する故障メカニズム・モデル（図7（a））と故障原因リスト（図7（b））を示している。図7（a）において、ブロックA乃至ブロックJは故障モードを示し、上方に故障現象、下方に故障原因を示している。故障モード間に影響伝達がある場合は故障モード干渉行列の要素は0から1の間の数値であり、図7（a）の故障メカニズム・モデルのブロック間は線によって結ばれ、その線に影響伝達程度を示す数値が示されている。一方、故障モード間に影響伝達がない場合は故障モード干渉行列の要素は0であり、図7（a）の故障メカニズム・モデルのブロック間は線によって結ばれていない。

【0042】この図7（a）に示す故障メカニズム・モデルにおいて、故障モードDが観測された場合、故障現象となる故障モードA、Bと、故障原因となる故障モードF、G、I、Jはその関連度の順位に従って、図7（b）に示すように出力される。この場合、例えば故障モードJの関連度は、 $0.5 \times 0.7 = 0.35$ として計算され、所定の関連度の順位に配列される。

【0043】図8は関連度と信頼度とからなる数値を要素とする故障モード干渉行列に対する故障メカニズム・モデル（図8（a））と故障原因リスト（図8（b））とを示している。図8（a）において、ブロックA乃至ブロックJは故障モードを示し、上方に故障現象、下方に故障原因を示している。故障モード間に影響伝達がある場合は故障モードのブロックは線で結ばれ、この線に対して0から1の間の値の関連度と、0から1の間の値の信頼度とが付けられている。

【0044】図8（a）に示す故障メカニズム・モデルにおいて、故障モードDが観測された場合、故障現象となる故障モードA、Bと、故障原因となる故障モードF、G、I、Jはその関連度と信頼度の積の大きさに従って、図8（b）に示すように出力される。この場合、例えば故障モードDの順位は、関連度0.3と信頼度0.7の積0.21の大きさに従って、所定の順位に配

列される。

【0045】このようにして得られた故障原因リストに基づいて、プラントの保守員による追加の点検や、点検ロボットによる検査を行い、新たな機器状況の観測データを収集することができる。新たに機器状況が観測された場合、この観測事象をさらに故障メカニズム・モデルに入力することにより、故障の原因の絞り込みをより精度よく行うことができる。

【0046】図5の例において、例えば「ポンプの滲洩」が観測された場合、故障原因の第一候補として「ポンプの異物混入」、第二候補として「配管の変形」が推論される。この故障原因の推論に基づいて四故障モードを点検した結果、仮に「ポンプの異物混入」が観測されず、「配管の変形」が観測された場合、図5の故障メカニズム・モデルに「配管の変形」を追加入力する。この新たな故障現象に基づいて、本実施例のプラント異常診断方法および診断装置によれば、「ポンプの滲洩」という故障現象から間接的な根本原因たる「電動弁のシートリーク」を推論することができるのである。このように本実施例のプラント異常診断方法および診断装置によれば、プラント系統や機器群の異常の根本原因を究明する故障メカニズム・モデルを構築でき、この故障メカニズム・モデルを利用することによって、故障原因の究明と適切な補修対策を策定でき、プラントの点検の効率の向上とプラント異常に対する予防能力の向上を図ることができる。

【0047】

【発明の効果】上記説明から明らかなように、本発明のプラント異常診断方法およびプラント異常診断装置によれば、プラントの構成機器の故障モード間の影響伝達の程度を数値化して、故障モード干渉行列を作成し、この故障モード干渉行列に行列計算を施すことにより、プラント系統と構成機器群の異常事象の故障原因の究明に必

要な故障メカニズム・モデルを構築でき、この故障メカニズム・モデルによって異常事象の根本的な原因事象を評価することができる。これにより、プラント系統と機器群に不具合が生じた時に精度よく故障原因を特定して異常事象の拡大を防止できるばかりでなく、適切な修復・保守計画の策定が可能となる。この結果、プラントの稼働率の向上と、保守計画の適正化と、プラント全体の信頼性の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

10 【図1】本発明によるプラント異常診断装置の一実施例の装置構成を示したブロック図。

【図2】本発明によるプラント異常診断方法の処理の流れを示したブロック図。

【図3】プラント系統とその構成機器の故障モードの伝達を例示したブロック図。

【図4】図3のプラント系統に対する故障モード干渉行列を例示した図。

【図5】図4の故障モード干渉行列から求められた故障メカニズム・モデルを有向グラフによって示した図。

20 【図6】要素が0または1からなる故障モード干渉行列から求められた故障メカニズム・モデルと、その故障原因リストの出力形式を示した図。

【図7】要素が0から1の間の値の故障モード干渉行列から求められた故障メカニズム・モデルと、その故障原因リストの出力形式を示した図。

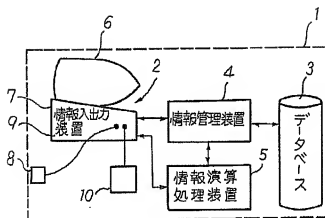
【図8】要素が伝達影響程度と信頼度の組からなる故障モード干渉行列から求められた故障メカニズム・モデルと、その故障原因リストの出力形式を示した図。

【符号の説明】

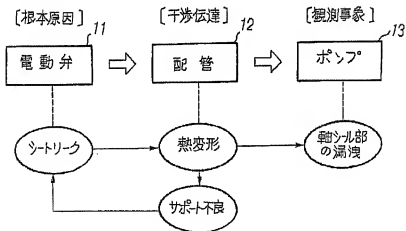
- 30 1 プラント異常診断装置  
2 情報入出力装置  
3 データベース  
4 情報管理装置  
5 情報演算処理装置



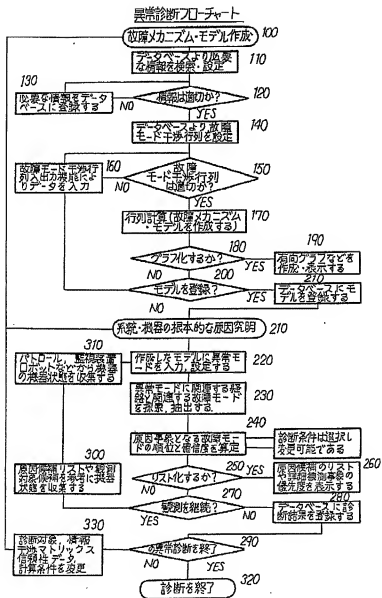
【図1】



【図3】



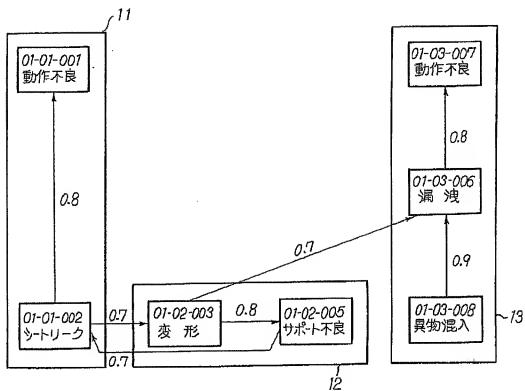
【図2】



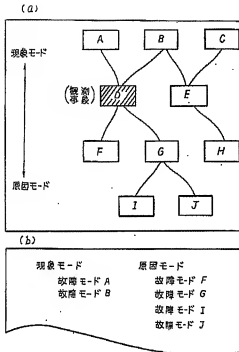
[図4]

ID. NO	装置名	システムID			01			02			03		
		ユニットID			01			02			03		
		部品ID			動作不良			動作不良			動作不良		
		故障モード			動作不良			動作不良			動作不良		
01-01-001	電動弁				0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2
01-01-002	電動弁				0.8	0.7	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0	0.2
01-02-003	配管				0.2	0.2	0.3	0.8	0.7	0.2	0.2	0	0.2
01-02-004	配管				0.1	0	0.3	0.7	0	0.1	0	0	0.1
01-02-005	配管				0.1	0.7	0.8	0.2	0	0.2	0	0	0.2
01-03-006	ポンプ												
01-03-007	ポンプ												
01-03-008	ポンプ												

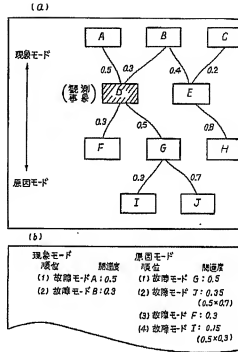
【図5】



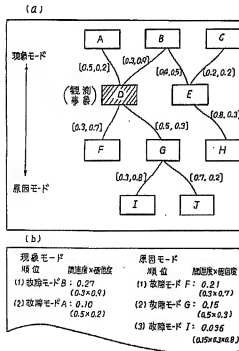
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 阿 部 朗

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内